

PAT-NO: JP02001217227A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001217227 A
TITLE: METHOD FOR DETECTING END POINT

PUBN-DATE: August 10, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YAMAZAWA, YOHEI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOKYO. ELECTRON LTD	N/A

APPL-NO: JP2000028782
APPL-DATE: February 7, 2000

INT-CL (IPC): H01L021/3065 , C23F004/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that in a conventional method for detecting the end point of etching of a layer to be treated is detected by utilizing emission spectroscopy, the end point of etching is detected as the point, where the etching for a layer to be treated is finished so that a base material layer is exposed and intensity of light emission of a specified wavelength varies and the base material layer is shaved and damaged by over etching at that time.

SOLUTION: In a method for detecting end point, when a polysilicon layer P on a gate oxide film G is etched using a plasma, the polysilicon layer P is irradiated with light, and an end point of etching is detected by using a reflected light thereof. In this method, the polysilicon layer P is irradiated with the light, and a spectrum of interfering light made by reflection from an interface between the surface of the polysilicon layer P and the gate oxide film G is detected, and then the statistic of interference intensity of the spectrum is found, and a pseudo end point is detected based on variability with time of the statistic.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-217227

(P2001-217227A)

(43)公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00

F 4 K 0 5 7

C 2 3 F 4/00

H 0 1 L 21/302

E 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-28782(P2000-28782)

(22)出願日 平成12年2月7日(2000.2.7)

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72)発明者 山澤 陽平

山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エレ

クトロン株式会社総合研究所内

(74)代理人 100096910

弁理士 小原 肇

Fターム(参考) 4K057 DA12 DB06 DC10 DD01 DJ07

DM03 DN01

5F004 AA05 AA06 BA04 BB13 CA01

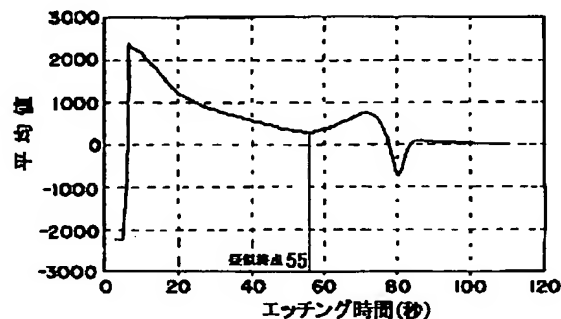
CB09 CB16 DB02 EA28 EB02

(54)【発明の名称】 終点検出方法

(57)【要約】

【課題】 発光分光分析を利用した従来の終点検出方法の場合には、被処理層のエッチングが終了し、下地層が露出して特定波長の発光強度が変化した時点をエッチングの終点として検出するため、この時のオーバーエッチングにより下地層が削られて損傷する。

【解決手段】 本発明の終点検出方法は、プラズマを用いてゲート酸化膜G上のポリシリコン層Pをエッチングする際に、ポリシリコン層Pに光を照射し、その反射光を用いてエッチングの終点を検出する方法において、ポリシリコン層Pに光を照射し、ポリシリコン層Pの表面及びゲート酸化膜Gとの界面からの反射による干渉光のスペクトルを検出した後、このスペクトルの干渉強度の統計量を求め、統計量の時間変動に基づいて擬似終点を検出することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマを用いて下地層上の被処理層をエッチングする際に、上記被処理層に光を照射し、その反射光を用いてエッチングの終点を検出する方法において、上記被処理層に光を照射し、上記被処理層の表面及び上記下地層との界面からの反射による干渉光のスペクトルを検出した後、このスペクトルの統計量を求め、統計量の時間変動に基づいて擬似終点を検出することを特徴とする終点検出方法。

【請求項2】 上記擬似終点では上記下地層に所定厚さの被エッチング層を残すことを特徴とする請求項1に記載の終点検出方法。

【請求項3】 上記擬似終点は上記被処理層と同種の試料を用いて求めた統計量と上記被処理層のエッチングの進行に応じて時間変化する統計量とを比較して検出されることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の終点検出方法。

【請求項4】 上記統計量として上記スペクトルの複数箇所の強度の平均値、二乗平均値または分散値の少なくとも一つを用いることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の終点検出方法。

【請求項5】 上記下地層がゲート酸化膜からなり、上記被処理層がゲート電極用のポリシリコン層からなることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の終点検出方法。

【請求項6】 上記擬似終点を検出した後、上記エッチングプロセスを高選択比のプロセスに切り換えることを特徴とする請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の終点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、プラズマによるエッチングの終点検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマを用いたエッチング方法は、従来から半導体製造工程あるいはLCD基板製造工程に広く適用されている。そのエッチング装置は、例えば、互いに平行に配設された上部電極と下部電極を備え、下部電極に半導体ウエハ等の被処理体を載置した状態で上部電極と下部電極間の放電によりエッチング用ガスからプラズマを発生させ、被処理体を所定のパターンに即してエッチングする。

【0003】 エッチングの終点を検出する方法としては例えば発光分光分析を用いた終点検出方法が広く用いられている。この終点検出方法はエッチング用ガスとその分解生成物や反応生成物などのラジカルやイオン等の活性種から最も観察し易い特定の活性種を選択し、選択された特定波長の発光強度の変動に基づいて終点を検出する方法である。例えば、CF₄等のCF系のエッチング用ガスを用いてシリコン酸化膜をエッチングする場合に

はその反応生成物であるCO*の特定波長(483.5 nm等)を検出し、また、CF₄等のCF系のエッチング用ガスを用いてシリコン窒化膜をエッチングする場合にはその反応生成物であるN*の特定波長(674 nm等)を検出し、それぞれの検出強度の変化点に基づいて終点を検出している。このように従来の終点検出方法はエッチングプロセスに即して終点検出に用いる波長を変えている。

【0004】 また、上部電極に観測用の窓を設け、この窓から被処理層(被エッチング層)へ光を照射し、被エッチング層からの反射によって生じた干渉波形をデータ処理することにより終点を検出する方法もある。例えば特許第2612089号明細書では高速フーリエ変換法等を用いた終点検出方法が提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、発光分光分析を利用した従来の終点検出方法の場合には、被処理層のエッチングが終了し、下地層が露出して特定波長の発光強度が変化した時点をエッチングの終点として検出するため、この時のオーバーエッチングにより下地層が削られて損傷するという課題があった。

【0006】 更に、最近では下地のゲート酸化膜が益々薄膜化する傾向にあり、現在40 nmのものがやがては3 nm程度に達することさえある。このような場合には干渉波形のS/Nが極めて悪くなり、干渉波形による解析が難しくなる。しかも、終点検出の精度が粗いとオーバーエッチングによるゲート酸化膜の損傷が避けられない。

【0007】 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、被処理体が多層構造化して被処理層の下地層が薄膜化しても、下地層のオーバーエッチングによる損傷を確実に防止することができる終点検出方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、エッチングの終点検出について種々検討した結果、干渉光のスペクトルの時間変動を細かく追跡した結果、干渉スペクトルの強度を統計的に観ると干渉強度はエッチングの終点まで単調に減少するのではなく終点近傍で一旦増加に転ずる傾向のあることを見出し、この増加傾向が終点の前兆を示すものであるとの知見を得た。

【0009】 本発明は上記知見に基づいてなされたもので、請求項1に記載の終点検出方法は、プラズマを用いて下地層上の被処理層をエッチングする際に、上記被処理層に光を照射し、その反射光を用いてエッチングの終点を検出する方法において、上記被処理層に光を照射し、上記被処理層の表面及び上記下地層との界面からの反射による干渉光のスペクトルを検出した後、このスペクトルの統計量を求め、統計量の時間変動に基づいて擬似終点を検出することを特徴とするものである。

【0010】また、本発明の請求項2に記載の終点検出方法は、請求項1に記載の発明において、上記擬似終点では上記下地層に所定厚さの被エッチング層を残すことを特徴とするものである。

【0011】また、本発明の請求項3に記載の終点検出方法は、請求項1または請求項2に記載の発明において、上記擬似終点は上記被処理層と同種の試料を用いて求めた統計量と上記被処理層のエッチングの進行に応じた時間変化する統計量とを比較して検出されることを特徴とするものである。

【0012】また、本発明の請求項4に記載の終点検出方法は、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の発明において、上記統計量として上記スペクトルの複数箇所の強度の平均値、二乗平均値または分散値の少なくとも一つを用いることを特徴とするものである。

【0013】また、本発明の請求項5に記載の終点検出方法は、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の発明において、上記下地層がゲート酸化膜からなり、上記被処理層がゲート電極用のポリシリコン層からなることを特徴とするものである。

【0014】また、本発明の請求項6に記載の終点検出方法は、請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の発明において、上記擬似終点を検出した後、上記エッチングプロセスを高選択比のプロセスに切り換えることを特徴とするものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図1～図7に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。まず、本発明の終点検出方法が適用されたエッチング装置の一例について図1を参照しながら説明する。図1に示すエッチング装置10は、例えばアルミニウム等の導電性材料からなる処理室11と、この処理室11内の底面に配設され且つ被処理体としての半導体ウエハWを載置する載置台を兼ねた下部電極12と、この下部電極12の上方に所定の間隔を隔てて配設された上部電極13とを備えている。処理室11周面の上部にはガス供給源（図示せず）が接続されたガス供給部11Aが形成され、処理室11周面の下部には真空排気装置（図示せず）が接続されたガス排出部11Bが形成されている。また、下部電極12にはマッチングボックス14を介して高周波電源15が接続され、上部電極13にはマッチングボックス16を介してより周波数の高い高周波電源17が接続され、ウエハWのエッチングを行う。

【0016】従って、ガス排出部11Bから真空排気装置を介して排気して処理室11内を所定の真空度まで減圧した後、上下両電極12、13にそれぞれ高周波電力を印加した状態で、ガス供給部11Aから処理室11内へエッチング用ガスを供給すると、両電極12、13間でエッチング用ガスのプラズマを発生し、例えば図2に示すように下部電極12上のウエハW表面のレジスト層

（膜厚：1.2 μ m）Rの開口部からシリコン酸化膜からなるゲート酸化膜（膜厚：例えば0.003～0.1 μ m）Gに達するまでポリシリコン層（膜厚：例えば0.3 μ m）Pをエッチングを行って所定のパターンのゲート電極を形成する。

【0017】ポリシリコン層Pをエッチングする初期の段階ではエッチング速度の高い高速エッチングモードでポリシリコン層Pの異方性エッチングを行う。そして、エッチングの終盤では後述の終点検出装置を介してエッチング終点の前兆として現れる統計量の特徴を利用した擬似終点を検出した後、高速エッチングモードを、ゲート酸化膜Gに対してポリシリコン層Pの選択比の高い高選択比のモードに切り換えてエッチングを行う。高選択比のモードでエッチングを行えば、ゲート酸化膜Gは殆どエッチングされることなく、ゲート酸化膜Gの削り取りを防止することができる。仮に場所によるエッチング終了時点にばらつきがあってもエッチングを早く終了する部分のゲート酸化膜Gの削り取りを防止することができる。高速エッチングモードから高選択比のモードへの切り換えは、エッチング用ガスの種類を切り換えたり、下部電極12に印加する高周波電力を小さくすることにより行うことができる。

【0018】次いで、終点検出装置について詳述する。上記処理室11には筒状のモニター用の窓部材18が装着され、この窓部材18の上端には石英ガラス等の透明体からなるモニター用の透明板18Aが取り付けられている。窓部材18の下端部は上部電極13の貫通孔を貫通し、半導体ウエハWの表面と対向している。そして、この窓部材18に連結された終点検出装置20を介して処理室11内の半導体ウエハWのエッチングの疑似終点を検出するようにしてある。この終点検出装置20は、図1に示すように、光源21、光ファイバー22、レンズ23、ポリクロメータ24、光検出器25、疑似終点検出手段26及びメモリ27を備え、例えば光源21からの約200～950nmの波長域の放射光Lを処理室11内の半導体ウエハWの表面に照射し、半導体ウエハW表面から反射する干渉光L_oの干渉強度を例えば上記波長域の1024ポイントでポリクロメータ24及び光検出器25を介して検出し、干渉光L_oのスペクトルを得た後、所定時間毎のスペクトルの統計量の変化に基づいてエッチングの疑似終点を検出する。

【0019】図3は0.4 μ mのゲート酸化膜を下地層とするポリシリコン層をエッチングした場合の干渉光のスペクトルの時間変化を示すグラフで、エッチング開始時点から10秒後のスペクトル及びその後の20秒毎に採取した5つのスペクトルを示してある。横軸は干渉光の波数、縦軸はスペクトル強度を示す。また、同図において、実線は10秒後、一点鎖線は30秒後、破線は50秒後、太い実線は70秒後、二点鎖線は90秒後のスペクトルを示している。同図によれば、スペクトルが時

間の経過、即ちポリシリコン層Pの残膜が薄くなるに連れて干渉強度が弱くなることが見て取れる。また、4つ目のスペクトル(70秒後のスペクトル)はその前のスペクトルの強度よりも強くなり、強度の減少傾向が一旦増加傾向に転じ、90秒時点で再度強度が減少していることが判る。

【0020】そこで、本実施形態ではサンプルウエハを用いて例えばスペクトルの1024ポイントの波数における干渉強度を時間毎に測定し、各波数の干渉強度のデータをそれぞれ統計量と看做して時間毎に保存し、この強度データをエッチングの終点に至るまで追跡する。そして、時間毎の強度データの平均値(スペクトルの直流成分に相当する)、強度を二乗した値の平均値(二乗平均値)及び分散値(あるいは標準偏差値)(スペクトルの交流成分に相当する)を統計量として所定の経過時間毎に逐次算出する。これらの統計量の時間変化をプロットしたグラフが図4～図6である。図4～図6から明らかなように、これらの統計量をエッチング開始時から終了時点までプロットすると、各統計量はそれぞれエッチング終了までにその前兆として特有の増減を繰り返す曲線を描いていることが判る。この現象はエッチングの深さが変わってもエッチング終了前にはその前兆として特有の増減波形として必ず現れることが確認されている。尚、図4、図5、図6に示す曲線はそれぞれ同一種のポリシリコン層Pを40nm深さまでエッチングした時の平均値曲線、二乗平均値曲線、分散値曲線を示す。

【0021】本発明ではエッチング終了の前兆として現れる特徴ある増減を利用し、ポリシリコン層Pがある程度残る時点を擬似終点として設定し、この擬似終点に達した時点でエッチングモードを高速エッチングモードから高選択比のモードに切り換えるようにしている。ところが、擬似終点を設定する時の残膜量は仕様で予め決められている。エッチングの均一性が良いときは残膜量が少なくても良いが、均一性が悪いときには残膜量を大きくする必要があるからである。

【0022】擬似終点の設定は例えばサンプルウエハを試料として用いて図4～図6の各統計量曲線の特徴を以下のように把握して行われる。図4に示す平均値曲線は、高周波電源を印加した時点から減少し約55秒では明瞭に増加に転じ、約70秒で再び減少し約80秒で再び増加し、約85秒以降には一定になり、この間にエッチングの終点に達することを示唆している。図5の二乗平均値曲線、図6の分散値曲線においても図4の場合と同様に55秒前後で明瞭に増加に転じる。そして、各統計量曲線の位置、数値変化と残膜量の関係の特徴データとして予め実験で把握しておく。これらの特徴データは例えば予めメモリ27に記憶させておく。特徴データとしては、例えば、高周波電源を印加して約55秒後に曲線が増加すること、その増加率が所定値以上になると、その増加率が所定値以下になると、及びそれぞれ

の時点での残膜量、等を求めておく。例えば図6では高周波電源を印加した時点から55秒後に曲線が増加に転じている。そこで、高周波電源を印加した時点から55秒前後で曲線が増加に転じていることをこの曲線の特徴として検出した時点を擬似終点として設定すれば、この特徴から擬似終点を確実に検出することができる。この特徴を検出した時点でエッチングモードが高選択比のモードに切り換えられ、ゲート酸化膜Gのオーバーエッチングが確実に防止される。

【0023】一方、従来の発光分光分析法を用いた場合には、図7に示すように発光強度がエッチングの開始時点から70秒前後までは発光強度が一定で、70秒を経過した時点で初めて減少し始め90秒前後で再び一定になる。このことから発光強度が減少し始めた70秒前後でエッチングが部分的に終了していることが判る。ゲート酸化膜Gのオーバーエッチングを防止するためには少なくとも70秒よりもいくらか前の時点でエッチングモードを切り換えなければ部分的にポリシリコン層Pの地下層であるゲート酸化膜Gを削り取ってしまうため、ゲート酸化膜Gの薄膜化に対応することができない。そこで、この方法において、エッチングの部分的終了のいくらか前に、本発明で云う擬似終点を設定しようとしても、発光強度曲線はエッチングの部分的終了までは一定し何等の変化も認められないため、この途中で擬似終点を設定することができない。

【0024】次いで、本実施形態の終点検出方法について説明する。図1、図2に示すように例えばキセノンからなる光源21の放射光Lを光ファイバー22を介してウエハW表面に対して垂直に照射すると、放射光Lの一部は図2に示すようにポリシリコン層Pの表面から反射光L₁として反射され、残余の放射光Lはポリシリコン層Pを透過し、ポリシリコン層Pとゲート酸化膜Oの界面から反射光L₂として反射される。これらの反射光L₁、L₂は互いに干渉する。その干渉光L₀はモニター用窓部材18及び光ファイバー22を経由してポリクロメータ24において波長(波数)毎に分光される。ポリクロメータ24において分光された干渉光L₀は光検出器25において1024ポイントで波長毎に干渉強度が検出され、光電変換された干渉強度信号が擬似終点検出手段26に達する。

【0025】擬似終点検出手段26では、メモリ27の記憶された擬似終点検出プログラムを用い、光検出器25から入力する干渉光L₀の各波数の強度データ信号に基づいて所定時間毎に干渉強度の平均値、二乗平均値あるいは分散値(または標準偏差値)を算出した後、更にその変化率を算出し、この算出値をメモリ27で記憶された特徴データと逐次比較し、算出値の変化が特徴データと一致した時点で擬似終点に達したものと判定する。この判定後、制御装置28を介してエッチングモードを高速エッチングのモードから高選択比のモードに切り換

え、ポリシリコン層Pを多少残した状態でエッチングを終了する。これによりゲート酸化膜Gのオーバーエッチングを確実に防止することができる。擬似終点からエッチング停止までの時間はサンプルウエハを用いて予め求め、その時間を終点検出装置20に対して予め設定しておく。実際のエッチング時に、その設定時間がオーバーすることがあってもこの時点では既に高選択比モードになっているためゲート酸化膜Gのオーバーエッチングによる損傷を最小限に抑制することができる。

【0026】以上説明したように本実施形態によれば、ウエハWのポリシリコン層Pに所定の放射光Lを照射し、ポリシリコン層Pの表面及びゲート酸化膜Gとの界面から反射する干渉光L₀のスペクトルを検出し、このスペクトルの複数箇所の強度の平均値、二乗平均値及び分散値（あるいは標準偏差値）の少なくとも一つを統計量として求め、この統計量の時間変動に基づいて擬似終点を検出するようにしたため、擬似終点の検出によりポリシリコン層Pの下地層であるゲート酸化膜Gのオーバーエッチングによる損傷を確実に防止することができる。また、本実施形態によれば、擬似終点ではゲート酸化膜Gに所定厚さのポリシリコン層Pを残すようにしたため、今後ゲート酸化膜Gが更に薄膜化してもその損傷を確実に防止することができる。

【0027】また、本実施形態では、実際のウエハと同種のサンプルウエハを用いて求めた平均値、二乗平均値、分散値等の統計量と実稼動時のポリシリコン層Pのエッチングの進行に応じて時間変化する統計量とを比較して擬似終点を検出するようにしたため、統計量の特徴を比較するだけで擬似終点を瞬時に判定することができ、ゲート酸化膜Gのオーバーエッチングをより確実に防止することができる。また、統計量としてスペクトルの複数箇所の強度の平均値、二乗平均値または分散値の少なくとも一つを用いるようにしたため、いずれかの統計量を用いることで擬似終点を確実に検出することができ、また、二種類以上の統計量を適宜組み合わせることで擬似終点の検出精度を一層高めることができる。更に、本実施形態では擬似終点を検出した後、エッチングプロセスを高選択比のモードに切り換えるようにしたため、擬似終点後のポリシリコン層Pの残膜がより確実に減少し、ゲート酸化膜Gをオーバーエッチングすることがあってもゲート酸化膜Gに対するエッチングが極めて遅くゲート酸化膜Gのオーバーエッチングによる損傷を確実に防止することができる。

【0028】尚、上記各実施形態では、ゲート酸化膜G上のポリシリコン層Pをエッチングする場合について説明したが、その他の被処理層に対しても本発明を適用す

ることができる。また、上記実施形態では200～950nmの波長域の光を用い、1024ポイントの干渉強度を測定する場合について説明したが、この波長域及びポイント数に制限されるものではないことは言うまでもない。例えば、測定ポイントを一つ置きに半減させれば、統計量の計算時間を短縮することができる。また、測定波長領域を発光強度が顕著に変化する領域（例えば、400～700nm）に制限すれば、やはり統計量の計算時間を短縮することができる。要するに本発明の要旨を逸脱しない限り、各構成要素を変更しても本発明の範囲に包含される。

【0029】

【発明の効果】本発明の請求項1～請求項6に記載の発明によれば、被処理体が多層構造化して被処理層の下地層が薄膜化しても、下地層のオーバーエッチングによる損傷を確実に防止することができる終点検出方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の終点検出方法を適用するエッチング装置の一例を示す構成図である。

【図2】ポリシリコン層をエッチングする際に終点検出に使用する干渉光を説明するための説明図である。

【図3】ポリシリコン層のエッチングの際に得られる干渉光のスペクトルが時間変化する様子を示す波形図である。

【図4】図3に示すスペクトルの干渉強度の平均値の時間変化を示すグラフである。

【図5】図3に示すスペクトルの干渉強度の二乗平均値の時間変化を示すグラフである。

【図6】図3に示すスペクトルの干渉強度の分散値の時間変化を示すグラフである。

【図7】従来の発光分光分析による発光強度の時間変化を示すグラフである。

【符号の説明】

10 エッチング装置

11 処理室

12 下部電極

13 上部電極

20 終点検出装置

21 光源

24 ポリクロメータ

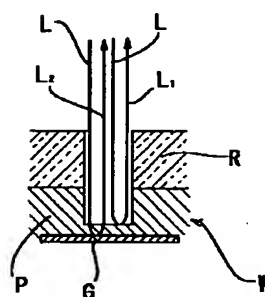
26 擬似終点検出手段

W 被処理体

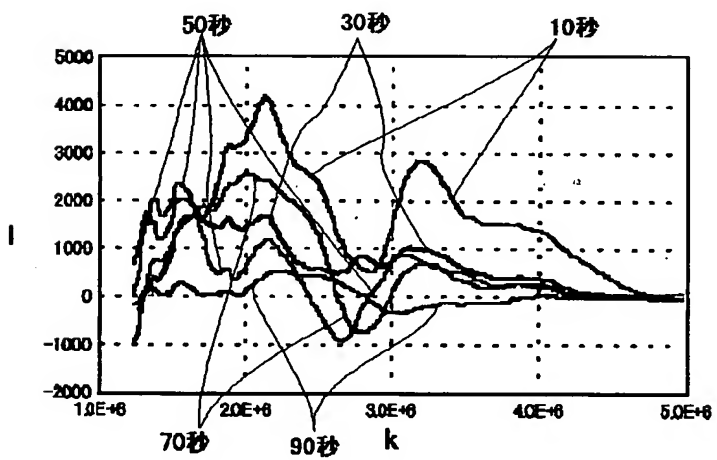
P ポリシリコン層（被処理層）

G ゲート酸化膜（下地層）

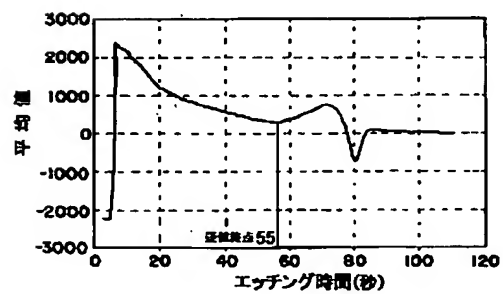
【図2】



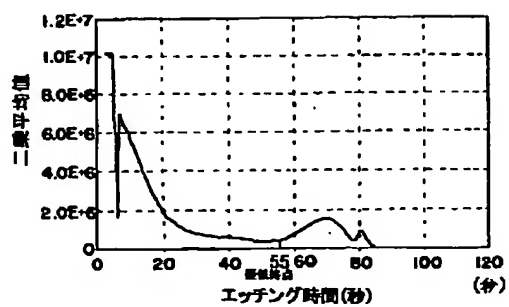
【図3】



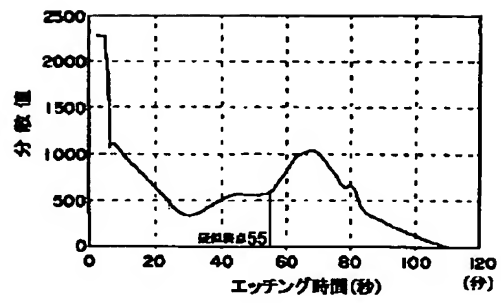
【図4】



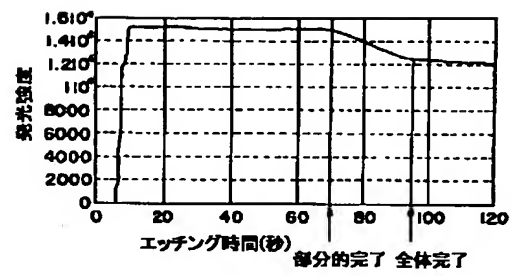
【图5】



【図6】



【図7】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-217227

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
C23F 4/00

(21)Application number : 2000-028782 (71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

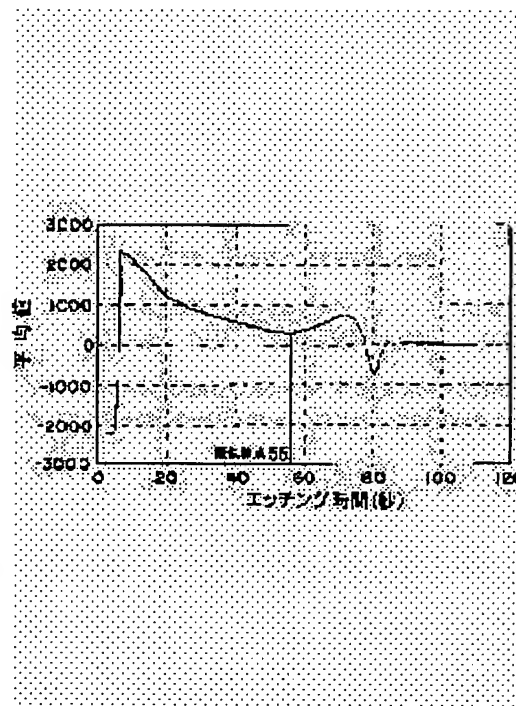
(22)Date of filing : 07.02.2000 (72)Inventor : YAMAZAWA YOHEI

(54) METHOD FOR DETECTING END POINT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that in a conventional method for detecting the end point of etching of a layer to be treated is detected by utilizing emission spectroscopy, the end point of etching is detected as the point, where the etching for a layer to be treated is finished so that a base material layer is exposed and intensity of light emission of a specified wavelength varies and the base material layer is shaved and damaged by over etching at that time.

SOLUTION: In a method for detecting end point, when a polysilicon layer P on a gate oxide film G is etched using a plasma, the polysilicon layer P is irradiated with light, and an end point of etching is detected by using a reflected light thereof. In this method, the polysilicon layer P is irradiated with the light, and a spectrum of interfering light made by reflection from an interface between the surface of the polysilicon layer P and the gate oxide film G is detected, and then the statistic of interference intensity of the spectrum is found, and a pseudo end point is detected based on variability with time of the statistic.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the terminal point detection approach of etching by the plasma.

[0002]

[Description of the Prior Art] The etching approach using the plasma is widely applied to the semiconductor production process or the LCD substrate production process from the former. The etching system is equipped with the up electrode and lower electrode which were arranged in parallel, for example, makes a lower electrode generate the plasma from the gas for etching by discharge an up electrode and lower inter-electrode with the condition of having laid processed objects, such as a semiconductor wafer, and bases for it and etches a processed object into a predetermined pattern.

[0003] The terminal point detection approach using emission spectral analysis as an approach of detecting the terminal point of etching is used widely. This terminal point detection approach is an approach of choosing the specific active species which is the easiest to observe from active species, such as radicals, such as gas for etching, its decomposition product, and a resultant, and ion, and detecting a terminal point based on fluctuation of the luminescence reinforcement of the specific selected wavelength. For example, when the specific wavelength (483.5 etc.nm etc.) of CO* which is the resultant was detected when silicon oxide is etched using the gas for etching of CF system of CF4 grade, and a silicon nitride was etched using the gas for etching of CF system of CF4 grade, the specific wavelength (674 etc.nm etc.) of N* which is the resultant was detected, and the terminal point is detected based on the changing point of each detection reinforcement. Thus, the conventional terminal point detection approach is changing the wavelength which is based on an etching process and used for terminal point detection.

[0004] Moreover, the aperture for observation is prepared in an up electrode, light is irradiated from this aperture to a processed layer (etched layer), and there is also a method of detecting a terminal point by carrying out data processing of the interference wave form produced by reflection from an etched layer. For example, on the patent No. 2612089 specifications, the terminal point detection approach of having used the fast-Fourier-transform method etc. is proposed.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the case of the conventional terminal point detection approach of having used emission spectral analysis, etching of a processed layer was completed, and in order to detect as a terminal point of etching of the time of a substrate layer being exposed and the luminescence reinforcement of specific wavelength changing, the technical problem that a substrate layer was deleted by the over etching at this time, and it was damaged occurred.

[0006] Furthermore, recently, it is in the inclination which the gate oxide of a substrate thin-film-izes increasingly, and a 40nm thing may reach about 3nm of ** soon now. In such a case, S/N of an interference wave form gets very bad, and the analysis by the interference wave form becomes difficult. And if the precision of terminal point detection is coarse, damage on the gate oxide by over etching will

not be avoided.

[0007] This invention was made in order to solve the above-mentioned technical problem, and even if a processed object multilayer-structure-izes and the substrate layer of a processed layer thin-film-izes, it aims at offering the terminal point detection approach that damage by the over etching of a substrate layer can be prevented certainly.

[0008]

[Means for Solving the Problem] As a result of examining many things about terminal point detection of etching and pursuing the time variation of the spectrum of an interference light finely, when this invention person looked at the reinforcement of an interference spectrum statistically, it found out that did not decrease in monotone to the terminal point of etching, but interference-reinforcement once tends to change to an increment near the terminal point, and this upward tendency acquired the knowledge that it was what shows a terminal sign.

[0009] This invention is what was made based on the above-mentioned knowledge. The terminal point detection approach according to claim 1 In the approach of irradiating light at the above-mentioned processed layer, and detecting the terminal point of etching using the reflected light in case the processed layer on a substrate layer is etched using the plasma After irradiating light at the above-mentioned processed layer and detecting the spectrum of the interference light by the reflection from the front face of the above-mentioned processed layer, and an interface with the above-mentioned substrate layer, the statistic of this spectrum is calculated and it is characterized by detecting the pseudo-end point based on the time variation of a statistic.

[0010] Moreover, the terminal point detection approach of this invention according to claim 2 is characterized by leaving the etched layer of predetermined thickness to the above-mentioned substrate layer in invention according to claim 1 in the above-mentioned pseudo-end point.

[0011] Moreover, the terminal point detection approach of this invention according to claim 3 is characterized by for the above-mentioned pseudo-end point measuring the above-mentioned processed layer, the statistic calculated using the sample of the same kind, and the statistic which carries out time amount change according to advance of etching of the above-mentioned processed layer, and detecting it in invention according to claim 1 or 2.

[0012] Moreover, the terminal point detection approach of this invention according to claim 4 is characterized by using at least one of the average of the reinforcement of two or more places of the above-mentioned spectrum, a mean square value, or the variances for any 1 term of claim 1 - claim 3 as the above-mentioned statistic in invention of a publication.

[0013] Moreover, the terminal point detection approach of this invention according to claim 5 is characterized by for the above-mentioned substrate layer consisting of gate oxide, and the above-mentioned processed layer consisting of a polish recon layer for gate electrodes in invention given in any 1 term of claim 1 - claim 4.

[0014] Moreover, after the terminal point detection approach of this invention according to claim 6 detects the above-mentioned pseudo-end point in invention given in any 1 term of claim 1 - claim 5, it is characterized by switching the above-mentioned etching process to the process of a high selection ratio.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained based on the operation gestalt shown in drawing 1 - drawing 7. First, it explains, referring to drawing 1 about an example of the etching system to which the terminal point detection approach of this invention was applied. The etching system 10 shown in drawing 1 is equipped with the lower electrode 12 which served as the installation base in which it is arranged in the base in the processing room 11 which consists of conductive ingredients, such as aluminum, and this processing room 11, and the semi-conductor wafer W as a processed object is laid, and the up electrode 13 arranged above this lower electrode 12 by separating predetermined spacing. Gas supply section 11A to which the source of gas supply (not shown) was connected is formed in the upper part of processing room 11 peripheral surfaces, and gas discharge section 11B to which evacuation equipment (not shown) was connected is formed in the lower part of processing room 11 peripheral surfaces. Moreover, RF generator 15 is connected to the lower electrode

12 through a matching box 14, RF generator 17 with a more high frequency is connected to the up electrode 13 through a matching box 16, and Wafer W is etched.

[0016] Therefore, after exhausting through evacuation equipment from gas discharge section 11B and decompressing the inside of the processing room 11 to a predetermined degree of vacuum, where high-frequency power is impressed to the vertical two electrodes 12 and 13, respectively. If the gas for etching is supplied into the processing room 11 from gas supply section 11A. The plasma of the gas for etching is generated between two electrodes 12 and 13. For example, until it reaches gate oxide (thickness: for example, 0.003-0.1 micrometers) G which consists of silicon oxide from opening of the resist layer (thickness: 1.2 micrometers) R of the wafer W front face on the lower electrode 12, as shown in drawing 2. The polish recon layer (thickness: for example, 0.3 micrometers) P is etched, and the gate electrode of a predetermined pattern is formed.

[0017] In the early phase which etches the polish recon layer P, anisotropic etching of the polish recon layer P is performed in the high-speed etching mode in which an etch rate is high. And after detecting the pseudo-end point using the description of the statistic which appears as a sign of an etching terminal point through the below-mentioned terminal point detection equipment, it etches in the end of etching by switching high-speed etching mode to the high mode of a high selection ratio of the selection ratio of the polish recon layer P to gate oxide G. If it etches in the mode of a high selection ratio, gate oxide G can prevent shaving picking of gate oxide G, without etching almost. Even if there is dispersion at the etching termination time by the location, shaving picking of gate oxide G of the part which ends etching early can be prevented. A switch in the mode [mode / high-speed / etching] of a high selection ratio can be performed by switching the class of gas for etching or making small high-frequency power impressed to the lower electrode 12.

[0018] Subsequently, terminal point detection equipment is explained in full detail. The above-mentioned processing room 11 is equipped with the window part material 18 for tubed monitors, and transparence plate 18A for monitors which consists of the transparent bodies, such as quartz glass, is attached in the upper limit of this window part material 18. The lower limit section of the window part material 18 penetrated the through tube of the up electrode 13, and has countered with the front face of the semi-conductor wafer W. And the pseudo-end point of etching of the semi-conductor wafer W in the processing room 11 is detected through the terminal point detection equipment 20 connected with this window part material 18. This terminal point detection equipment 20 is equipped with the light source 21, an optical fiber 22, a lens 23, a polychromator 24, a photodetector 25, the pseudo-end-point detection means 26, and memory 27 as shown in drawing 1. For example, the synchrotron orbital radiation L of the about 200-950nm wavelength region from the light source 21 is irradiated on the front face of the semi-conductor wafer W in the processing room 11. The interference reinforcement of the interference light L0 to reflect is detected through a polychromator 24 and a photodetector 25 by 1024 points of for example, the above-mentioned wavelength region from a semi-conductor wafer W front face. After obtaining the spectrum of an interference light L0, the pseudo-end point of etching is detected based on change of the statistic of the spectrum for every predetermined time.

[0019] Drawing 3 is the graph which shows time amount change of the spectrum of the interference light at the time of etching the polish recon layer which uses 0.4-micrometer gate oxide as a substrate layer, and has shown five spectrums extracted every 20 seconds of the spectrum 10 seconds after an etching initiation time, and after that. An axis of abscissa shows the wave number of an interference light, and an axis of ordinate shows spectral intensity. Moreover, in this drawing, as for the broken line, the two-dot chain line shows [the continuous line] the spectrum of 90 seconds after for the alternate long and short dash line after 70 seconds after 50 seconds after 30 seconds after 10 seconds, as for the thick continuous line. According to this drawing, it can grasp that the residual membrane of the passage of time P, i.e., a polish recon layer, takes [a spectrum] for becoming thin, and interference reinforcement becomes weak. Moreover, the 4th spectrum (spectrum of 70 seconds after) becomes stronger than the reinforcement of the spectrum before that, a strength reduction inclination once changes to a upward tendency, and it turns out that reinforcement is decreasing again for 90 seconds at the time.

[0020] So, with this operation gestalt, the interference reinforcement in the wave number of 1024 points of a spectrum is measured for every time amount, using a sample wafer, it considers, respectively that the data of the interference reinforcement of each wave number are a statistic, and they are saved for every time amount, and it pursues until it reaches the terminal point of etching of this data on the strength. And they are serially computed for every predetermined elapsed time, using as a statistic the average (mean square value) and the variance (or standard deviation value) (it is equivalent to the alternating current component of a spectrum) of the average (it is equivalent to the dc component of a spectrum) of the data on the strength for every time amount, and the value which squared reinforcement. The graphs which plotted time amount change of these statistics are drawing 4 - drawing 6. When the time of etching initiation to a termination time plots these statistics so that clearly from drawing 4 - drawing 6, it turns out that each statistic is drawing the curve which repeats increase and decrease respectively characteristic as the sign by etching termination. Even if this phenomenon changes the depth of etching, before etching termination, surely appearing as the increase and decrease characteristic as that sign of a wave is checked. In addition, the curve shown in drawing 4, drawing 5, and drawing 6 shows the average curve when etching the polish recon layer P of the same kind to 40nm depth, a mean square value curve, and a variance curve, respectively.

[0021] The characteristic increase and decrease which appear as a sign of etching termination are used, and the time of the polish recon layer P remaining to some extent is set up as the pseudo-end point, and when this pseudo-end point is arrived at, he is trying to switch etching mode to the mode of a high selection ratio from high-speed etching mode in this invention. However, the amount of residual membranes when setting up the pseudo-end point is beforehand decided by the specification. Although the amount of residual membranes is good at least when the homogeneity of etching is good, it is because it is necessary to enlarge the amount of residual membranes when homogeneity is bad.

[0022] A setup of the pseudo-end point is performed by grasping the description of each statistic curve of drawing 4 - drawing 6 as follows, using for example, a sample wafer as a sample. The average curve shown in drawing 4 decreased from the time of impressing an RF generator, it started to increase clearly in about 55 seconds, decreased again in about 70 seconds, increased again in about 80 seconds, became fixed after about 85 seconds, and has suggested arriving at the terminal point of etching to during this period. Also in the mean square value curve of drawing 5, and the variance curve of drawing 6, it changes to increasing clearly before or after 55 seconds like the case of drawing 4. And it grasps in the experiment beforehand by using the location of each statistic curve, and relation between numerical change and the amount of residual membranes as the description data. For example, memory 27 is made to memorize these description data beforehand. As description data, about 55 seconds after impressing an RF generator, that a curve increases, that the rate of increase becomes beyond a predetermined value, the rate's of increase becoming below a predetermined value, the amount of residual membranes in each time, etc. are calculated, for example. For example, in drawing 6, the curve has started to increase after [of the time of impressing an RF generator] 55 seconds. Then, if the time of detecting that the curve has started to increase before or after 55 seconds from the time of impressing an RF generator as a description of this curve is set up as the pseudo-end point, the pseudo-end point is certainly detectable from this description. When this description is detected, etching mode is switched to the mode of a high selection ratio, and the over etching of gate oxide G is prevented certainly.

[0023] On the other hand, as shown in drawing 7, when the conventional emission-spectral-analysis method is used, luminescence reinforcement was fixed till around 70 seconds and 70 seconds have passed since the initiation time of etching of luminescence reinforcement, it begins to decrease for the first time, and becomes fixed again before or after 90 seconds. It turns out that etching is partially completed before or after 70 seconds when luminescence reinforcement began to decrease from this. Since gate oxide G which is the substrate layer of the polish recon layer P partially is shaved off if etching mode is not partly switched rather than 70 seconds at least at the last time in order to prevent the over etching of gate oxide G, it cannot respond to thin film-ization of gate oxide G. Then, in this approach, even if it is going to set up the pseudo-end point as used in the field of this invention of partial termination of etching in front partly, since partial termination of etching is fixed and any change is not

accepted, either, a luminescence curve on the strength cannot set up the pseudo-end point by this middle.

[0024] Subsequently, the terminal point detection approach of this operation gestalt is explained. If the synchrotron orbital radiation L of the light source 21 which consists of a xenon is perpendicularly irradiated to a wafer W front face through an optical fiber 22 as shown in drawing 1 and drawing 2 for example, a part of synchrotron orbital radiation L is reflected as the reflected light L1 from the front face of the polish recon layer P, as shown in drawing 2, and the residual synchrotron orbital radiation L will penetrate the polish recon layer P, and will be reflected as the reflected light L2 from the interface of the polish recon layer P and gate oxide O. It interferes in these reflected lights L1 and L2 mutually. In a polychromator 24, the spectrum of the interference light L0 is carried out to every wavelength (wave number) via the window part material 18 for monitors, and an optical fiber 22. In a photodetector 25, as for the interference light L0 by which the spectrum was carried out in the polychromator 24, the interference signal on the strength with which interference reinforcement was detected and photo electric conversion was carried out the back reaches the pseudo-end-point detection means 26 for every wavelength in 1024 points.

[0025] With the pseudo-end-point detection means 26, the pseudo-end-point detection program memory 27 was remembered to be is used. It is based on the data signal of each wave number of an interference light L0 on the strength inputted from a photodetector 25. For every predetermined time The average of interference reinforcement, After computing a mean square value or a variance (or standard deviation value), that rate of change is computed further and the successive approximation of this calculation value is carried out to the description data memorized by memory 27, and when a calculation value change is in agreement with the description data, it judges with what reached the pseudo-end point. It switches to the mode of a high selection ratio from the mode of high-speed etching of etching mode through a control device 28 after this judgment, and etching is ended where the polish recon layer P is left somewhat. Thereby, the over etching of gate oxide G can be prevented certainly. The time amount from the pseudo-end point to an etching halt is beforehand found using a sample wafer, and sets up the time amount beforehand to terminal point detection equipment 20. Even if that setup time may exceed at the time of actual etching, since it is already high selection-ratio mode, at this time, damage by the over etching of the gate oxide film G can be controlled to the minimum.

[0026] As explained above, according to this operation gestalt, the predetermined synchrotron orbital radiation L is irradiated at the polish recon layer P of Wafer W. The spectrum of the interference light L0 reflected from the front face of the polish recon layer P and an interface with gate oxide G is detected. Since at least one of the average of the reinforcement of two or more places of this spectrum, a mean square value, and the variances (or standard deviation value) is calculated as a statistic and the pseudo-end point was detected based on the time variation of this statistic, Damage by the over etching of gate oxide G which is the substrate layer of the polish recon layer P can be certainly prevented by detection of the pseudo-end point. Moreover, according to this operation gestalt, since it left the polish recon layer P of predetermined thickness to gate oxide G, even if gate oxide G will thin-film-ize further from now on, the damage can be prevented certainly in the pseudo-end point.

[0027] Moreover, since statistics, such as an average value calculated with this operation gestalt using the actual wafer and the sample wafer of the same kind, a mean square value, and a variance, and the statistic which carries out time amount change according to advance of etching of the polish recon layer P at the time of real operation are measured and the pseudo-end point was detected, the pseudo-end point can be judged only by comparing the description of a statistic in an instant, and the over etching of gate oxide G can be prevented more certainly. Moreover, since at least one of the average of the reinforcement of two or more places of a spectrum, a mean square value, or the variances was used as a statistic, the detection precision of the pseudo-end point can be further raised by being able to detect the pseudo-end point certainly by using one of statistics, and using, combining two or more kinds of statistics suitably. Furthermore, with this operation gestalt, since the etching process was switched to the mode of a high selection ratio after detecting the pseudo-end point, even if the residual membrane of the polish recon layer P after the pseudo-end point may decrease more certainly and may carry out over

etching of the gate oxide G, etching to gate oxide G can prevent certainly damage by the over etching of gate oxide G very late.

[0028] In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where the polish recon layer P on gate oxide G was etched, this invention is applicable also to other processed layers. Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where the interference reinforcement of 1024 points was measured, using the light of a 200-950nm wavelength region, it is not necessary to say that it is not what is restricted to this wavelength region and point size. For example, if a measure point is reduced by half alternately, the computation time of a statistic can be shortened. Moreover, if luminescence reinforcement restricts a measurement wavelength field to the field (for example, 400-700nm) which changes notably, the computation time of a statistic can be shortened too. Unless it deviates from the summary of this invention in short, it is included by the range of the invention in this application even if it changes each component.

[0029]

[Effect of the Invention] According to invention of this invention according to claim 1 to 6, even if a processed object multilayer-structure-izes and the substrate layer of a processed layer thin-film-izes, the terminal point detection approach that damage by the over etching of a substrate layer can be prevented certainly can be offered.

[Translation done.]